



⑮ **BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND**



**DEUTSCHES  
PATENT- UND  
MARKENAMT**

⑫ **Offenlegungsschrift**  
⑩ **DE 198 38 701 A 1**

⑤① Int. Cl.<sup>6</sup>:  
**G 06 F 17/50**  
G 05 B 15/02

②① Aktenzeichen: 198 38 701.6  
②② Anmeldetag: 26. 8. 98  
④③ Offenlegungstag: 2. 6. 99

**DE 198 38 701 A 1**

Mit Einverständnis des Anmelders offengelegte Anmeldung gemäß § 31 Abs. 2 Ziffer 1 PatG

⑦① **Anmelder:**

Kraiss, Karl-Friedrich, Prof. Dr.-Ing., 52074 Aachen,  
DE

⑦② **Erfinder:**

Kraiss, Karl-Friedrich, Prof. Dr.-Ing., 52074 Aachen,  
DE; Steffan, Roland, Dipl.-Ing., 52074 Aachen, DE;  
Kuhlen, Torsten, Dr.rer.nat., 52074 Aachen, DE

**Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen**

⑤④ **Verfahren zur Interaktion mit computergrafischen Objekten in virtuellen Umgebungen**

⑤⑦ Die interaktive Simulation von Montagevorgängen in virtuellen Umgebungen erfordert eine adäquate Modellierung der Benutzerinteraktionen und des Verhaltens der virtuellen Objekte. Existente Simulationssysteme bieten dazu nur rudimentäre Methoden an, welche die Durchführung von Montageteilfunktionen nur unzureichend unterstützen.

Diese Erfindung beschreibt ein Verfahren, mit dessen Hilfe

a) CAD-Modelle in computergrafische Objekte transformiert, unverändert in virtuelle Umgebungen importiert und dort gezielt mit speziellen Eigenschaften versehen werden,

b) computergrafische Objekte bei Kollisionen mit anderen Elementen der virtuellen Umgebung automatisch positioniert bzw. justiert werden können,

c) der Anwender bei interaktiven Positionier- und Justagevorgängen durch das Simulationssystem gezielt geführt wird,

d) computergrafische Objekte durch virtuelle Kraftfelder an anderen Objekten innerhalb der virtuellen Umgebung ausgerichtet werden,

e) Eigenschaften von Objekten und Vorgänge innerhalb der virtuellen Umgebung durch visuelle, akustische und haptische Rückkopplungsmechanismen für den Anwender wahrnehmbar und erfahrbar werden.

**DE 198 38 701 A 1**

## Beschreibung

## Technisches Gebiet

CAD/CAM-Systeme, Virtuelle Realität/Umgebungen, Mensch-Maschine Systeme.

## Stand der Technik

Existente Simulationssysteme auf Basis virtueller Umgebungen bieten nur rudimentäre Modellierungen derjenigen Interaktionen realer Objekte an, die die Durchführung von zielgerichteten, interaktiven und automatischen Objektbewegungen erlauben. Beispielsweise wird auf die Kollision von virtuellen Objekten mit einem Abbruch des Bewegungsvorgangs reagiert, wodurch interaktive Justage- oder Positionierbewegungen kaum durchführbar sind.

## Aufgaben

Die Vereinfachung der interaktiven Positionierung und Justierung computergrafischer Objekte mittels multimodaler Darstellungs- und Unterstützungssysteme.

Die automatisierte Positionierung und Justierung computergrafischer Objekte anhand

- der Einbringung von sogenannten sensitiven Polygonen und der Erkennung von Kollisionen mit diesen Polygonen.
- der Simulation von Kraftfeldern zwischen einzelnen Objekten.
- der Verwendung virtueller Führungshülsen.

## Gewerbliche Nutzbarkeit

Gewerblich nutzbar ist die Erfindung

- in konstruierenden, produzierenden und montierenden Unternehmen zur Validierung von CAD-Konstruktionen, aber auch zur optimierten Planung von Arbeits- und insbesondere Montageprozessen.
- von Entwicklern und Anwendern virtueller Umgebungen zur Gestaltung von Interaktions- und Manipulationsprozessen.

## Erreichte Vorteile

Vereinfachte Objekthandhabung; Entlastung des Anwenders von filigranen, umständlichen Manipulationsprozessen; Beschleunigung interaktiver Simulationen; Reduzierung des notwendigen Modellierungs- und Rechenaufwands.

## Ausführung

## Sensitive Polygone

Vor Beginn der eigentlichen Simulation kann der Anwender innerhalb der computergrafischen Umgebung, die aus CAD-Daten abgeleitet wird, funktionale Einheiten bestimmen (beispielsweise Bohrungen zur Aufnahme von Bolzen), die während der Simulation in Folge von Anwenderinteraktionen aktiviert werden und korrespondierende Objekte (im Falle der Bohrung z. B. der Bolzen, siehe Abb. 1) manipulieren. Zur Realisierung der Funktionalität können funktionstragende Elemente (nachfolgend synonym "Sensorkragen" oder "sensitive Polygone" genannt) in der Umgebung

und insbesondere an Objekten plazierte werden. Die aus CAD-Modellen automatisch erzeugten, computergrafischen Objekte bleiben ansonsten unverändert.

Über einen grafischen Dialog kann der Anwender die Charakteristika der sensitiven Polygone auswählen bzw. festlegen. Dabei sind die Polygone nach

- Art und
- Eigenschaft

wählbar.

## Arten sensitiver Polygone

Sensitive Polygone können klassifiziert werden in

- zusammenhängende Polygone oder Polyongruppen und
- Einzelpolygone.

Je nach Art können unterschiedlich komplexe Funktionen von den Polygonen übernommen werden. Im Falle der zusammenhängenden Polygone sind dies beispielsweise die Festlegung der Ausgangsorientierung, die Objekte annehmen, wenn sie mit dem ersten sensitiven Polygonen kollidieren und die Endlage, die durch das korrespondierende zweite Polygon beschrieben wird und automatisch eingenommen werden kann. Somit läßt sich zum Beispiel eine virtuelle Schraubenmutter beim Aufdrehen auf einen Gewindebolzen zunächst justieren und anschließend automatisiert in die Position bewegen, die sie im aufgedrehten Zustand einnimmt (siehe Abb. 2). Einzelpolygone können eingesetzt werden, um Objekte einem einstufigen Manipulationsprozeß zu unterziehen, beispielsweise um die Orientierungen verschiedener Objekte bei Kollision bestimmter Oberflächenregionen der Objekte automatisch aneinander anzupassen.

## Eigenschaften sensitiver Polygone

Die Eigenschaften sensitiver Polygone können aus einer Vorauswahl gewählt bzw. interaktiv festgelegt werden. Zu den Eigenschaften zählen

- Grundflächengeometrie des Polygons (z. B. kreisförmig, quadratisch)
- Abmessungen (Grundfläche und räumliche Ausdehnung)
- Funktionalität (z. B. Orientierungs-, Positionsbestimmung kollidierender Objekte)
- Sensitivitätsraum, d. h. Volumen um das Polygon, innerhalb dessen der Anwender beim interaktiven Bewegen von Objekten mittels geeigneter Rückkopplungen (akustisch, taktil etc.) zum Ziel geführt werden kann.

## Virtuelle Kraftfelder

Der Algorithmus zur Simulation von Kraftfeldern verwendet als Parameter die

- Entfernung von Objekten.
- die Größe von Objekten.
- die Orientierung von Objekten.

Aktiviert der Anwender das Kraftfeld, so überprüft der Algorithmus die Objekte innerhalb der Szene auf ihren Ab-

stand zueinander. Unterschreitet dieser Abstand einen einstellbaren Schwellwert, so wird das kleinere der Objekte, bzw. bei Objektgruppen oder -verbänden der kleinere Verband, automatisch zum größeren Objekt bewegt (siehe **Abb. 3**). Das bewegte Objekt wird so am unbewegten Objekt ausgerichtet, das die Teile der Oberfläche beider Objekte, die zu Beginn der Bewegung den geringsten Winkel miteinander einschlossen, am Ende der Bewegung planparallel verlaufen.

#### Virtuelle Führungshülsen

Vor Beginn der Simulation können um spezielle Objekte oder Objektabschnitte interaktiv Bereiche definiert werden, innerhalb derer der Anwender während interaktiver Objektbewegungen in der Simulation durch das System geführt wird. Die Bereiche sind in ihrem Umfang sowie der Art und Intensität der zur Darstellung verwendeten Modalität definierbar. Versucht der Anwender beispielsweise interaktiv einen Bolzen in eine Bohrung einzuführen (siehe **Abb. 4**), so wird ihm bei Erreichen der Führungshülse z. B. akustisch oder taktil eine Vibration vermittelt, deren Intensität mit zunehmender genauerer Justierung des Bolzens in der Bohrung abnimmt.

#### Multimodale Darstellungs- und Unterstützungsmechanismen

Die multimodale Benutzungsschnittstelle verwendet die Sensorwerte von 3D-Eingabegeräten als Parameter zur Manipulation virtueller Objekte und stellt Ereignisse innerhalb der virtuellen Umgebung durch

- visuelle
- akustische
- propriozeptive
- taktile

Reize dar.

Ein Algorithmus ermittelt die darzustellende Information auf Basis automatisch erfaßter Benutzereingaben, beispielsweise die Reaktionskraft bei einer Kollision zwischen einem interaktiv vom Benutzer geführten und einem statischen Objekt in der Umgebung. Anschließend erfolgt die Codierung der Information in technische Signale, wobei an die menschliche Wahrnehmung angepaßte Transformationen und insbesondere Skalierungen durchgeführt werden. Abschließend werden die Signale mittels Lautsprecher/Kopfhörer, Visualisierungssystem und Kraftrückkopplung dargestellt.

#### Patentansprüche

1. Durch den Aufbau virtueller Umgebungen mit computergrafischen Objekten, die aus beliebigen CAD-Applikationen exportiert und innerhalb der virtuellen Umgebung mit statischen, dynamischen und virtuellen Eigenschaften versehen werden.
2. Die interaktive Auswahl, Konfiguration und Platzierung funktionstragender Elemente ("sensitive Polygone", "virtuelle Führungshülsen") in der virtuellen Umgebung.
3. Die automatisierte Manipulation bewegter Objekte während des Simulationsablaufs infolge von Kollisionen mit sensitiven Polygonen durch Funktionen, die den sensitiven Polygonen zugeordnet sind.
4. Die Vereinfachung der interaktiven Handhabung durch Zielführungsalgorithmen bei Erreichen von oder Eindringen in die virtuellen Führungshülsen.

5. Die automatisierte Manipulation unbewegter und bewegter Objekte mittels "virtueller Kraftfelder", d. h. durch einen Software-Algorithmus induzierte "Kräfte" und Bewegungen, die unzusammenhängende Objekte aufeinander zu bewegen und aneinander ausrichten.

6. Die vereinfachte, interaktive Handhabung computergrafischer Objekte mittels multimodaler Darstellungs- und Unterstützungsmechanismen.

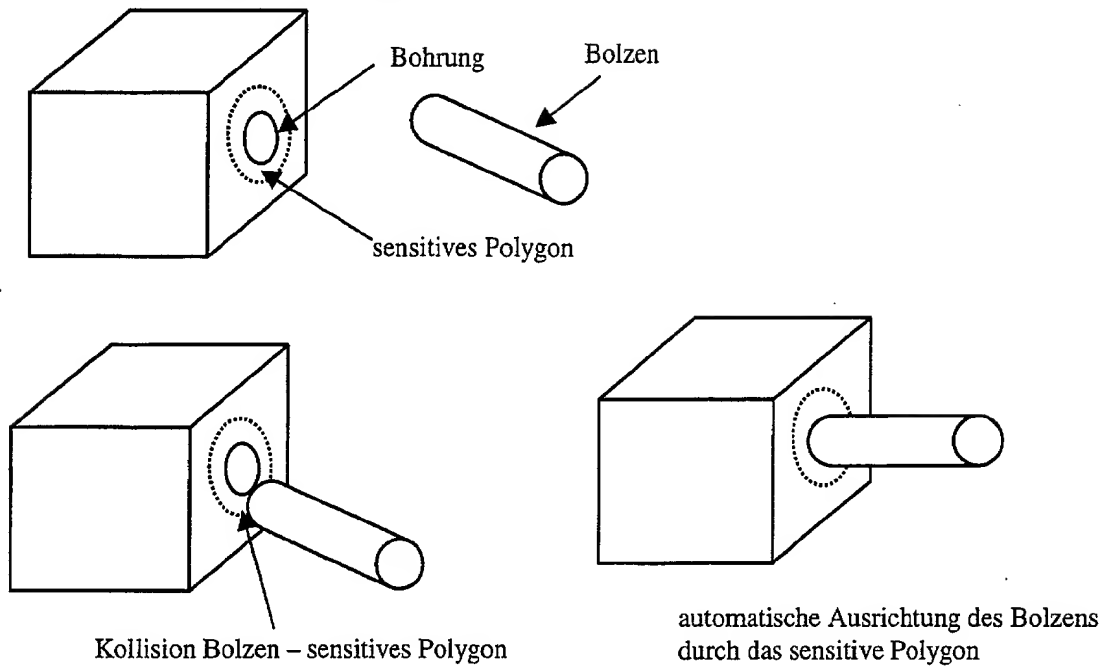
---

Hierzu 2 Seite(n) Zeichnungen

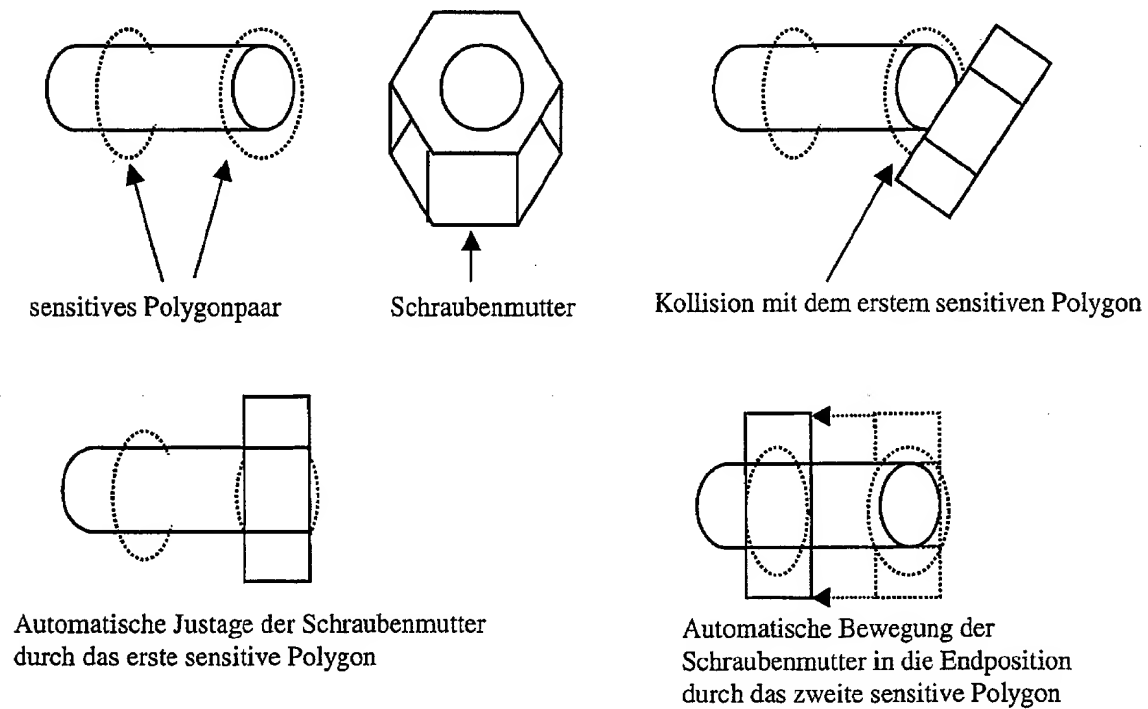
---

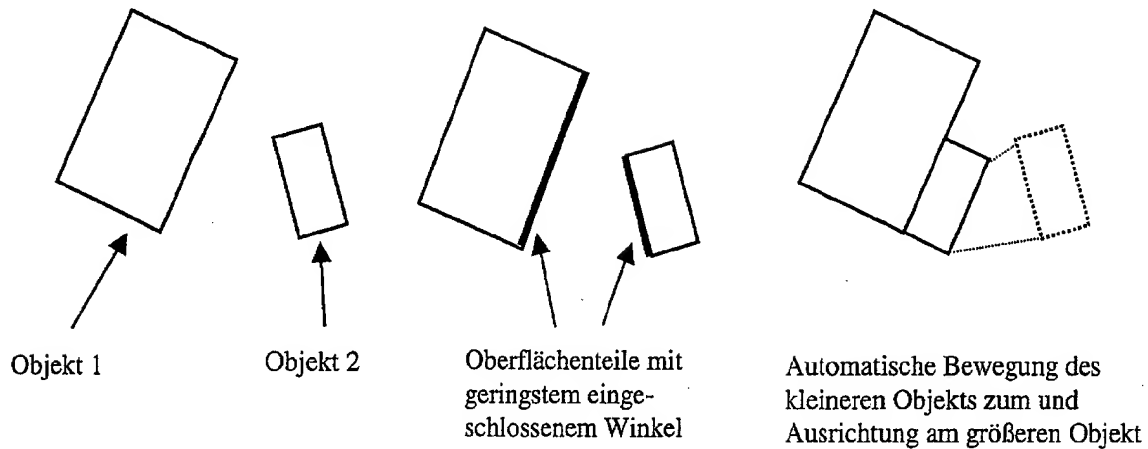
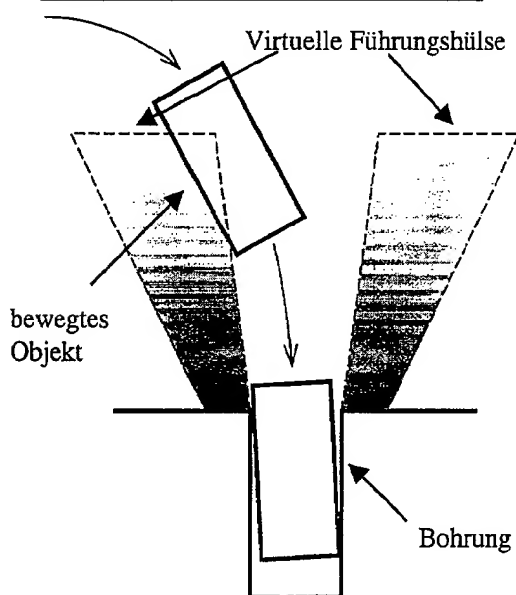
- Leerseite -

**Abbildung 1: Sensitives Polygon**



**Abbildung 2: Sensitives Polygonpaar**



**Abbildung 3: Virtuelles Kraftfeld****Abbildung 4: Virtuelle Führungshülse**

Zielführung bei interaktiven Objektbewegungen durch virtuelle Führungshülse: je näher der Benutzer das Objekt an seine vorbestimmte Endposition heran führt, desto mehr (zunehmende Grauintensität in der Abbildung) wird er durch die multimodale Informationsdarstellung bestätigt; Beispiel: abnehmende Intensität einer taktil vermittelten Vibration bei genauerer Justage des Bolzens in der dargestellten Bohrung.